



①⑨ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Übersetzung der  
europäischen Patentschrift**

⑨⑦ **EP 0 768 130 B 1**

⑩ **DE 696 08 389 T 2**

⑤① Int. Cl. 7:  
**B 22 C 9/04**  
B 22 C 7/02

- ②① Deutsches Aktenzeichen: 696 08 389.2  
⑨⑥ Europäisches Aktenzeichen: 96 307 384.6  
⑨⑥ Europäischer Anmeldetag: 10. 10. 1996  
⑨⑦ Erstveröffentlichung durch das EPA: 16. 4. 1997  
⑨⑦ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: 17. 5. 2000  
④⑦ Veröffentlichungstag im Patentblatt: 25. 1. 2001

- ③⑩ Unionspriorität:  
542001 12. 10. 1995 US
- ⑦③ Patentinhaber:  
General Electric Co., Schenectady, N.Y., US
- ⑦④ Vertreter:  
Voigt, R., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 65812 Bad Soden
- ⑧④ Benannte Vertragsstaaten:  
CH, DE, FR, GB, LI

- ⑦② Erfinder:  
Correia, Victor Hugo Silva, New Lebanon, New York  
12125, US; Brown, Theresa A., Clifton Park, New  
York 12065, US; Predmore, Daniel R., Clifton Park,  
New York 12065, US

⑤④ Turbinenschaufel und Giessverfahren mit optimaler Wandstärkenkontrolle

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

**DE 696 08 389 T 2**

**DE 696 08 389 T 2**

Die Erfindung bezieht sich auf das Giessen von Turbinendüsen sowohl für Leistungserzeugungs- als auch Flugzeug-Gasturbinen-  
5 triebwerksanwendungen.

Üblicherweise sind in dem Turbinenabschnitt von Gasturbinen-  
triebwerken Turbinendüsen (auch als Leitschaufeln bezeichnet)  
vor Laufschaufeln angeordnet und sie werden dazu verwendet,  
10 heiße Verbrennungsgase unter einem optimalen Winkel zu richten,  
damit die Laufschaufeln auf effiziente Weise rotieren, was sei-  
nerseits Energie erzeugt, die zum Drehen einer Welle verwendet  
wird, die, im Falle einer Gasturbine für Energieerzeugungsan-  
wendungen, mit einem Generator für die Erzeugung von Elektrizität  
15 verbunden sein kann.

Gasturbinendüsen sind üblicherweise hohle Metallstrukturen und  
werden unter Verwendung des Gießverfahrens mit verlorener Gieß-  
form gefertigt. Derzeitige Verfahren des Gießens mit verlorener  
20 Gießform von Gasturbinendüsen umfassen ein Formen der stromli-  
nienförmigen Komponente der Düse in Wachs, indem ein üblicher  
Aluminiumoxid- oder Siliciumoxidbasis-Keramikkern entwickelt  
wird, der interne Kühlmittelkanäle der Düse bildet. Die Wach-  
sanordnung durchläuft dann eine Reihe von Eintauchungen in  
25 flüssige Keramiklösung. Das Teil kann nach jedem Eintauchen  
trocknen, wobei ein harter äußerer Mantel gebildet wird, übli-  
cherweise ein üblicher Keramikmantel auf Zirkonoxidbasis. Nach-  
dem alle Eintauchungen abgeschlossen sind und die Wachsenord-  
nung durch mehrere Schichten des gehärteten Keramikmantels um-  
30 schlossen ist, wird die Anordnung in einem Ofen angeordnet, wo  
das Wachs in dem Mantel herausgeschmolzen wird. Die verbleiben-  
de Form besteht aus dem inneren Keramikkern, dem äußeren Kera-  
mikmantel und dem Raum zwischen dem Kern und dem Mantel, der  
zuvor mit dem Wachs gefüllt war. Die Form wird wieder in dem  
35 Ofen angeordnet, und flüssiges Metall wird in eine Öffnung am  
Oberteil der Form gegossen. Das geschmolzene Metall tritt in

den Raum zwischen dem Keramik kern und dem Keramikmantel ein, der zuvor mit dem Wachs gefüllt war. Nachdem das Metall abkühlen und erstarren konnte, wird der äußere Mantel aufgebrochen und entfernt, wobei die Metalldüsenkomponente freigelegt wird, die die Form von dem Hohlraum angenommen hat, der durch die Entfernung von dem Wachs hervorgerufen ist und die den inneren Keramik kern umschließt. Diese Düsenkomponente wird dann in einem Laugentank angeordnet, wo der Keramik kern aufgelöst wird. Die Metalldüsenkomponente hat nun die Form von der Wachsform und eine innere Kammer, die zuvor mit dem inneren Keramik kern gefüllt war.

Die relativen thermischen Wachsbewegungen von dem keramischen Mantel- und dem keramischen Kernmaterial sind unterschiedlich, so dass, nachdem das Metall gegossen worden ist und abkühlen konnte, das relative Schrumpfen von den Mantel- und Kernkomponenten unterschiedlich ist. Dies kann unterschiedliche Wanddicken an Bereichen von dem Metalldüsenteil bewirken, wo die eine Seite der Wand durch den äußeren Mantel gebildet ist und die andere Seite von der Wand mit dem inneren Kern in Eingriff ist. Insbesondere, und wie nachfolgend näher erläutert wird, ist der Bereich, wo der stromlinienförmige Abschnitt eine Hohlkehle mit dem äußeren Düsenband bildet, traditionell ein sehr schwieriger Bereich gewesen, in der das Gießen von Wanddicken gesteuert werden soll.

In Figur 1 ist eine typische Turbinendüse bei 10 gezeigt. Die Düse wird von einem stromlinienförmigen Abschnitt 12, einem äußeren Düsenband 14, einem inneren Düsenband 16, einem inneren Befestigungsflansch 18, einer inneren Hohlkehle 20A des stromlinienförmigen Abschnitts, wo der stromlinienförmige Abschnitt 12 auf das innere Düsenband 16 trifft, einer äußeren Hohlkehle 20B, wo der stromlinienförmige Abschnitt das äußere Düsenband 14 trifft (siehe Figur 2), inneren Schaufelrippen 22 und einem äußeren Befestigungshaken 24 gebildet. Die Turbinendüse hat eine äußere vertikal orientierte Hülse bzw. Rand oder Kragen 26B

um den Umfang des Abschnittes auf der Seite des äußeren Düsen-  
bandes gegenüber dem stromlinienförmigen Abschnitt 12 und an  
der Grenzfläche zwischen der Hohlkehle 20B und dem äußeren Dü-  
senband 14. Eine Turbinendüse mit einer derartigen vertikal  
5 orientierten Hülse ist in US-A-4,511,306 beschrieben.

Eine ähnliche innere Hülse bzw. Rand oder Kragen 26A ist an der  
Grenzfläche zwischen der Hohlkehle 20A und dem inneren Düsen-  
band 16 gebildet.

10

Es wird nun auch auf Figur 2 Bezug genommen, wo die Düse 10 mit  
dem inneren Keramikern 28 auf Aluminiumoxid- oder Siliciu-  
moxidbasis und dem äußeren Mantel 30 auf Zirkonoxidbasis ge-  
zeigt sind, wie sie nach dem Gießen des geschmolzenen Metalls  
15 in den zuvor oben beschriebenen Raum erscheinen würden. Es sei  
hier jedoch darauf hingewiesen, dass die Düse, wie sie in Figur  
2 gezeigt ist, die gleiche Form hat wie die temporäre Wachs-  
form, und deshalb entsprechen die Oberflächen oder Formen der  
temporären Wachsform den identischen Formen oder Oberflächen  
20 der Metalldüse. Demzufolge sind hier auftretende Bezugnahmen  
auf entweder die Wachsform oder die entstehende Metalldüsen-  
struktur im Endeffekt gegeneinander austauschbar. Beispielswei-  
se werden die vertikal orientierten Hülsen 26A und B zunächst  
in Wachs geformt und später durch das geschmolzene Metall ge-  
25 formt, das in den Raum gegossen wird, der von dem Wachs frei  
gemacht wird. Dies gilt auch in bezug auf die Figuren 3 und 4,  
wie sie hier weiter beschrieben werden.

Es sei darauf hingewiesen, dass der Kern 28 vergrößerte Enden  
30 32 (an dem festen Ende der Düse, das in der Düse fest ange-  
bracht werden soll) und 34 (an dem freien Ende) hat. An dem  
"festen Ende" gibt es wenig oder keine relative Expansion zwi-  
schen dem Keramikern und dem Mantel. An dem "freien Ende"  
tritt jedoch eine derartige relative Expansion leicht auf. In  
35 dem Prozess der Vorwärmung der Form vor dem Gießen des Metalls  
und bei dem Abkühlen der Form nach dem Gießen von Metall wach-

und Schrumpfunterschieden zwischen dem Kern und dem Mantel unempfindlich zu machen, wird die vertikale Umfangshülse durch die oben beschriebene horizontale innere Abquetschrippe ersetzt, und das keramische Mantelmaterial wird über die Hohlkehle verlängert. Als eine Folge ist Außenmantelmaterial mit beiden Seiten von der äußeren Hohlkehle in Eingriff und umschließt dieses, wodurch für eine gut gesteuerte, übereinstimmende Dicke in diesem kritischen Bereich gesorgt wird.

10 Um das relative Wachsen von dem Kern und dem Mantel aufzunehmen, wird die Abquetschrippe innerhalb des stromlinienförmigen Abschnittes an einer Stelle hervorgerufen, die mit dem Tangentenpunkt der Hohlkehle und dem stromlinienförmigen Abschnitt ausgerichtet ist. Dieses Merkmal wird durch ein Redesign von dem inneren Formkern und der Wachsform erreicht, so dass die  
15 Wachsform horizontal orientierte Abquetschrippen aufweist (anstelle der bekannten vertikal orientierten Hülse). Die neue Konfiguration wird durch den Tauchprozess abgeschlossen, der den Außenmantel bildet, wie es oben beschrieben ist. Nachdem  
20 das Wachs entfernt ist, wird geschmolzenes Metall in den durch das Wachs zurückgelassenen Hohlraum einschließlich der Räume gegossen, die die Abquetschrippen bilden. Jede relative Bewegung zwischen dem Kern und dem Mantel wird durch eine Änderung in der Dicke von einer oder beiden Abquetschrippen anstatt der  
25 Hohlkehlen herausgenommen. Nach dem Gießen können die Abquetschrippen beseitigt oder als ein Befestigungssitz für Pralleinsätze verwendet werden, die im allgemeinen in den stromlinienförmigen Düsenabschnitten zu Kühlzwecken angeordnet werden, wie es allgemein bekannt ist.

30

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird nun unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben, in denen:  
Figur 1 eine perspektivische Ansicht von einer üblichen bekannten Gasturbinendüse ist;

35 Figur 2 eine Querschnittsansicht entlang der Linie 2-2 in Figur 1 ist;

Figur 3 eine perspektivische Ansicht von einer Gasturbinendüse gemäß dieser Erfindung ist; und

Figur 4 eine Querschnittsansicht entlang der Linie 4-4 in Figur 3 ist.

5

Es wird nun auf die Figuren 3 und 4 Bezug genommen, in denen die Gasturbinendüse und die Formkonfiguration gezeigt sind, die die erfindungsgemäßen Merkmale enthalten. Aus Zweckmäßigkeitsgründen sind Bezugszahlen, die in den Figuren 1 und 2 verwendet  
10 sind, für entsprechende Komponenten in den Figuren 3 und 4 verwendet, aber mit einer vorangestellten "1". Somit enthält unter spezieller Bezugnahme auf Figur 3 die Turbinendüse 110 einen stromlinienförmigen Abschnitt 112, ein äußeres Band 114, ein inneres Band 116, einen inneren Befestigungsflansch 118, eine  
15 innere Hohlkehle 120A, eine äußere Hohlkehle 120B, innere Schaufelrippen 122 und einen äußeren Befestigungshaken 124. In diesem Ausführungsbeispiel sind die Umfangshülsen bzw. -ränder oder -kragen 26A und 26B eliminiert zu Gunsten von horizontal orientierten Abquetschrippen 126A und 126B, die in der Innen-  
20 kammer von dem stromlinienförmigen Düsenabschnitt unterhalb der Ebene des äußeren Bandes 114 bzw. oberhalb der Ebene des inneren Bandes 116 angeordnet sind, wie es am besten in Figur 4 gezeigt ist.

25 Um die obige Konfiguration zu erreichen, ist der innere Keramik Kern 128 neu geformt, um die eine verkleinerte Größe aufweisenden Endabschnitte 132 und 134 zu haben, wie es am besten in Figur 4 zu sehen ist. Wenn die Wachsform zu dem Keramik Kern hinzugefügt ist, enthält die Wachsform die horizontal orientierten Wachs-Abquetschrippen 126A und 126B, die an horizontalen Schultern 135 bzw. 133 von dem inneren Keramik Kern angreifen. Während nachfolgender Tauchschriffe, die den äußeren Mantel 130 formen, greift letzterer an den Wachs-Abquetschrippen an und füllt den Raum auf jeder Seite von dem oberen Band 114  
30 und dem unteren Band 116 und den verkleinerten Enden 132 und

sen und schrumpfen der äußere Mantel 30 und der innere Kern 28 in unterschiedlichen Raten aufgrund der unterschiedlichen Materialeigenschaften der zwei keramischen Materialien. Die Wanddicke von den inneren und äußeren Bändern 14 bzw. 16 wird durch  
 5 diese relative Wachsserscheinung nicht beeinflusst, da beide Seiten der Metallbänder mit dem gleichen Material des äußeren Mantels in Eingriff sind, das selbstverständlich gleichförmige thermische Wachseigenschaften hat. Deshalb sind relativ übereinstimmende Wanddicken in den Bereichen der inneren und äußeren  
 10 Bänder auf einfache Weise erzielbar.

Die Dickenabmessungen an der Hohlkehle 20A der Innenbandwand wird nur in einem kleineren, insignifikanten Ausmaß beeinflusst, da der Mantel und der Kern an diesem Ende, d.h. dem  
 15 "festen Ende", aneinander gehalten werden. Es gibt somit einen kleineren Abstand, über dem das relative Wachsen auftreten kann, und infolgedessen ist das absolute relative Wachsen viel kleiner im Vergleich zu dem Bereich gegenüber dem festen Ende.

20 In dem Bereich, wo der stromlinienförmige Abschnitt die Hohlkehle 20B mit dem äußeren Band der Düse bildet, d.h. an dem "freien Ende", treten jedoch leicht unterschiedliche Wachs- und Schrumpfraten auf, und es ist diese Stelle, wo die unterschiedliche thermische Expansion die Wanddickenabmessung signifikant  
 25 beeinflusst. Diese Region hat im allgemeinen die Tendenz, einer der Bereiche mit hoher Beanspruchung und kurzer Teilelebensdauer zu sein, wodurch sie zu einer kritischen Region gemacht wird, wo die Steuerung der Wanddicke wesentlich ist.

30 Es ist deshalb die Hauptaufgabe dieser Erfindung, die relativen Unterschiede in den thermischen Expansionen von dem Kern- und Mantelmaterial in der Region zu verkleinern, wo der stromlinienförmige Abschnitt eine Hohlkehle mit dem äußeren Düsenband bildet.

Gemäß ihren weiteren Aspekten bezieht sich die vorliegende Erfindung deshalb auf ein Verfahren zum Gießen mit verllorener Gießform von einer Turbinendüse, die ein äußeres Band, ein inneres Band und einen stromlinienförmigen Abschnitt aufweist, 5 der sich zwischen den inneren und äußeren Bändern erstreckt, wobei die Verbesserung enthält, dass eine temporäre Wachsform und Außenmantel- und Innenkernkomponenten geformt werden, die beim Gießen so verwendet werden, dass während des Gießens von geschmolzenem Metall in einen Raum, der durch Entfernung der 10 Wachsform hervorgerufen wird, ähnliches Außenmantelmaterial auf gegenüberliegenden Seiten von einer äußeren Hohlkehle liegt, wo der Außenmantel auf den stromlinienförmigen Abschnitt trifft.

Gemäß einem anderen Aspekt bezieht sich die Erfindung auf eine 15 Gasturbinendüse enthaltend ein äußeres Band und ein inneres Band; einen stromlinienförmigen Abschnitt, der sich zwischen dem äußeren und dem inneren Band erstreckt, wobei eine Außenband-Hohlkehle und eine Innenband-Hohlkehle auf entsprechende Weise dazwischen angeordnet sind; und eine erste horizontal angeordnete Rippe, die sich um einen inneren Umfang von dem 20 stromlinienförmigen Abschnitt unterhalb und benachbart zu der Außenband-Hohlkehle erstreckt.

In einem Ausführungsbeispiel ist die vertikale Hülse bzw. Rand 25 oder Kragen um den Umfang der Hohlkehlen an der Außenbandgrenze eliminiert und durch eine innere horizontal orientierte Abquetschrippe ersetzt. Diese Umkonstruktion ist zwar an der äußeren Hohlkehle kritischer, sie kann aber an sowohl der inneren als auch äußeren Hohlkehle vorgenommen sein. Genauer gesagt, um die 30 relativen Unterschiede in den thermischen Expansionen der Keramikmaterialien des Kerns und des Mantels zu verringern, kann die Lage des Kerns so angeordnet sein, dass die unvermeidbare relative Bewegung in einer Richtung gerichtet ist, damit eine minimale Wanddickenänderung auftritt, wie sie in der Wand des 35 stromlinienförmigen Abschnitts beobachtet wird. Mit anderen Worten, um die äußere Hohlkehle gegenüber den relativen Wachs-



134 von dem inneren Keramikern, wie es deutlich in Figur 4 gezeigt ist.

Es sei hier darauf hingewiesen, dass die Materialien, die den inneren Kern 128 und den äußeren Mantel 130 bilden, die gleiche Keramik auf Aluminiumoxid- oder Siliciumoxidbasis und auf Zirkonoxidbasis sein kann, wie sie in dem bekannten Verfahren verwendet ist. Dies sind bekannte, kommerziell erhältliche Materialien, die üblicherweise beim Gießen mit verlorener Gießform verwendet werden. Die hier beschriebene Erfindung ist jedoch nicht auf die Verwendung dieser speziellen Materialien beschränkt.

Bei der oben beschriebenen Anordnung wird deutlich, dass, nachdem das Wachs aus der Form herausgeschmolzen und nachdem geschmolzenes Metall in den freien Raum gegossen ist, der zuvor mit dem Wachs gefüllt war, gleiches Material (äußeres Mantelmaterial) an gegenüberliegende Seiten von dem oberen Band 114 und dem unteren Band 116 angreift und diese umgibt. Auf diese Weise haben die innere Hohlkehle 120A und die äußere Hohlkehle 120B (und insbesondere die äußere Hohlkehle 120B) eine besser steuerbare und somit gleichförmigere Wanddicke, weil die Hohlkehlen gegen die relativen Wachs- und Schrumpfunterchiede zwischen den Kern- und Mantelkeramiken unempfindlich gemacht worden sind.

Nach dem Gießen können die metallischen Abquetschrippen 126A und 126B von dem Teil beseitigt werden oder sie können als ein Befestigungssitz für Pralleinsätze verwendet werden, die üblicherweise in den stromlinienförmigen Düsenabschnitten zu Kühlzwecken angeordnet werden, wie es in der Technik allgemein bekannt ist.

## Patentansprüche:

5           1. Verfahren zum Giessen mit verlorener Gießform von einer Turbinendüse, die ein äusseres Band (114), ein inneres Band (116) und einen stromlinienförmigen Abschnitt (112) aufweist, der sich zwischen den inneren und äusseren Bändern erstreckt, wobei das Verfahren enthält, daß eine temporäre Wachsform und  
10 Aussenmantel- (130) und Innenkernkomponenten (128) geformt werden, die beim Giessen so verwendet werden, daß während des Giessens von geschmolzenem Metall in einen Raum, der durch Entfernung der Wachsform hervorgerufen wird, Mantelmaterial auf gegenüberliegenden Seiten von einer Hohlkehle (120B) liegt, die  
15 wenigstens eines der inneren und äusseren Bänder mit dem stromlinienförmigen Abschnitt verbindet.

          2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Formen des Aussenmantels durch mehrere Tauchschritte ausgeführt wird.

20

          3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Hohlkehle (120B) eine äussere Hohlkehle ist, die das Aussenband mit dem stromlinienförmigen Abschnitt verbindet, und die temporäre Wachsform einen horizontalen Flansch (126B) aufweist, der sich um eine  
25 Innenkammer in der Düse erstreckt und den Mantel (130) von dem Kern (128) an einer Stelle unterhalb der äusseren Hohlkehle trennt.

          4. Verfahren nach Anspruch 1, wobei ferner ein Formen der  
30 temporären Wachsform und Aussenmantel- und Innenkernkomponenten so vorgesehen ist, daß während des Giessens des flüssigen Metalls Aussenmantelmaterial auf gegenüberliegenden Seiten einer inneren Hohlkehle (120A) liegt, die das innere Band (116) mit dem stromlinienförmigen Abschnitt verbindet.

35

5. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Innenkern (128) und der Aussenmantel (130) unterschiedliche thermische Ausdehnungseigenschaften haben.

5           6. Gasturbinendüse enthaltend ein äusseres Band (114) und ein inneres Band (116), einen stromlinienförmigen Abschnitt (112), der sich zwischen dem äusseren und dem inneren Band erstreckt, wobei eine Aussenband-Hohlkehle (120B) und eine Innenband-Hohlkehle (120A) auf entsprechende Weise dazwischen angeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, daß sich eine horizontal angeordnete Rippe (126B) um einen inneren Umfang von dem stromlinienförmigen Abschnitt unterhalb und benachbart zu der Aussenband-Hohlkehle (120B) erstreckt.

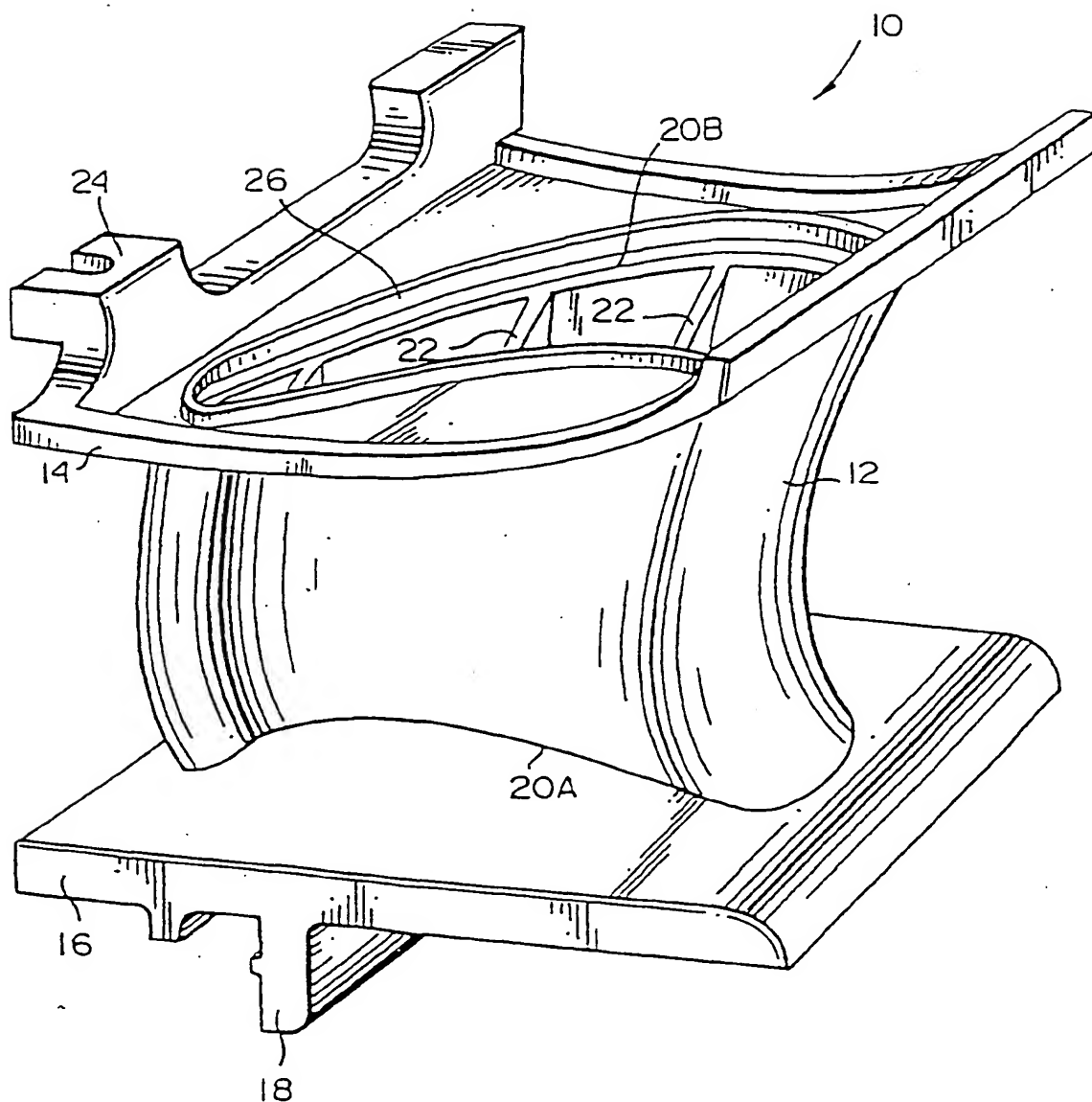
15           7. Gasturbinendüse nach Anspruch 6, wobei ferner eine zweite horizontal angeordnete Rippe (126A) vorgesehen ist, die sich um den inneren Umfang des stromlinienförmigen Abschnitts oberhalb und benachbart zu der Innenband-Hohlkehle (120A) erstreckt.

20

0768-130

27.07.00

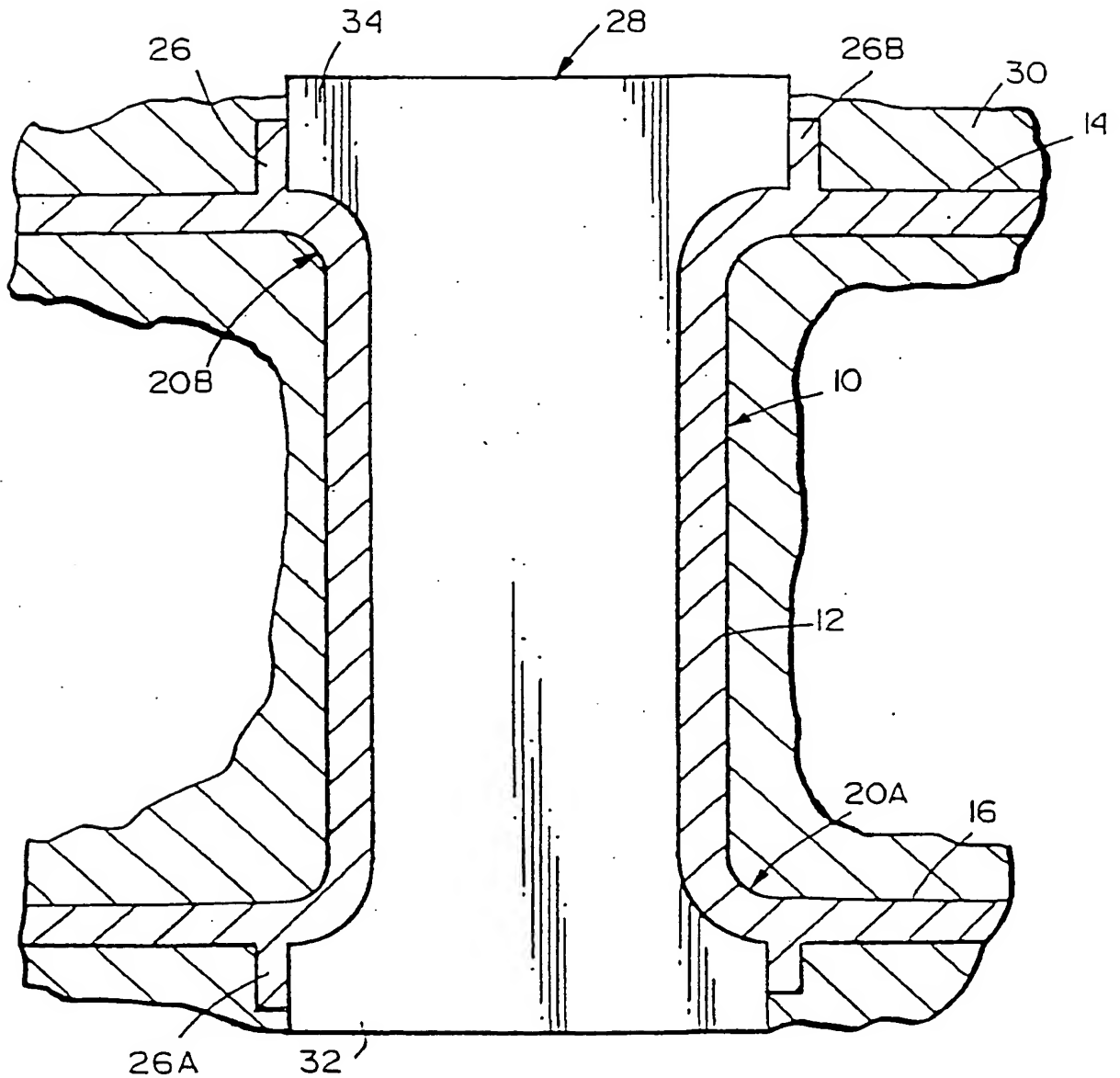
1/4



**Fig. 1** ( STAND DER TECHNIK )

27.07.00

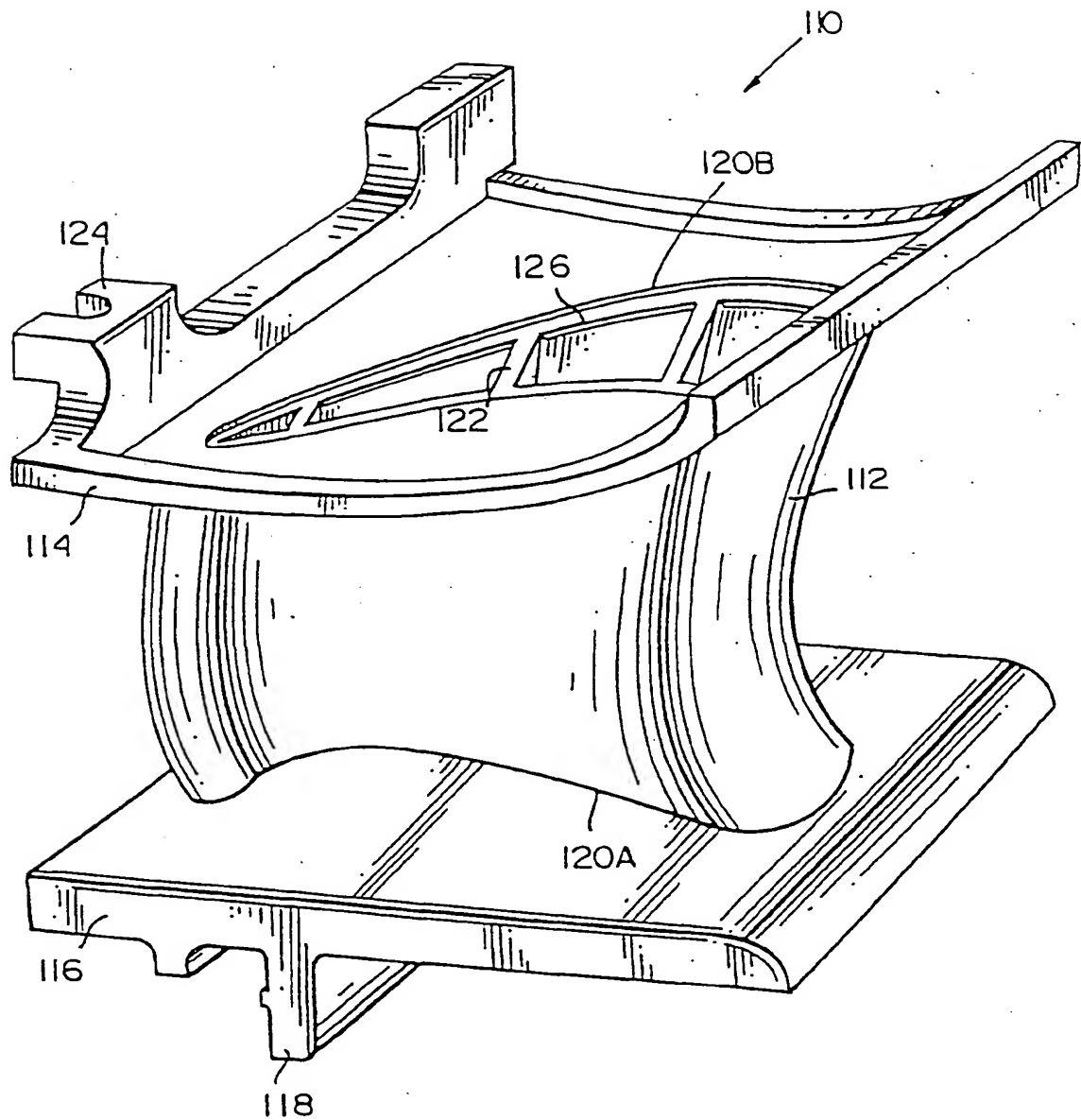
2/4



**Fig. 2** ( STAND DER TECHNIK )

27.07.00

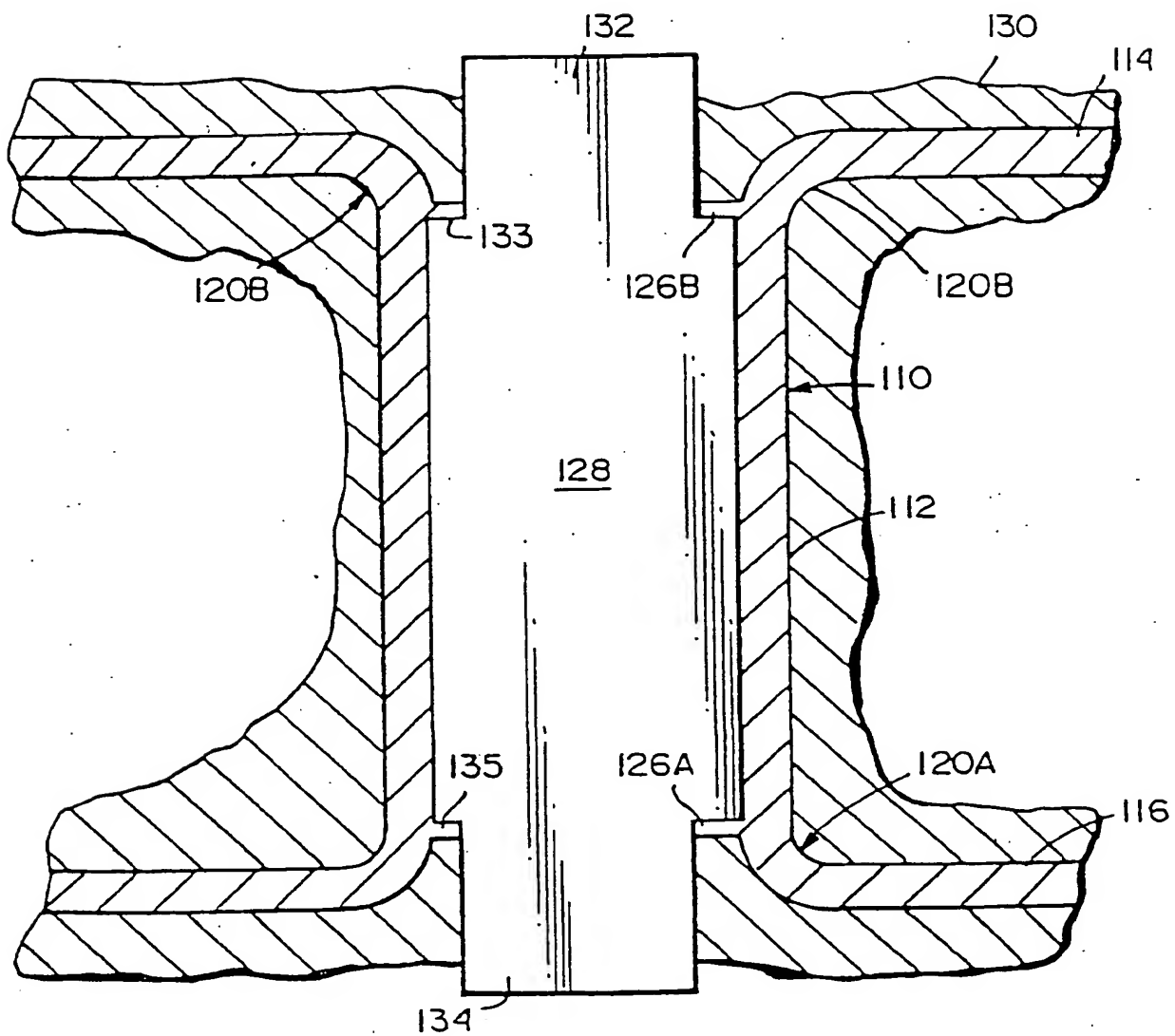
3/4



**Fig. 3**

27-07-00

4/4



**Fig. 4**